

QFN 自動量測系統之開發

林宜賢、黃新賢

正修科技大學電子工程系

摘 要

本研究是以 CCD 攝影機為基礎的量測系統結合機械視覺技術來發展一套可以自動作 QFN (Quad Flat No leads) IC 的外觀尺寸的量測系統，量測的項目包括 QFN IC 長度、寬度、腳間寬及計算其偏差位移值(Offset)等項目。為了提高量測的精準度，本研究使用次像素的技術來減少量測誤差。經實驗證實本研究開發的 QFN 自動量測系統可達到高精確度及穩定性的目標，且能符合產業界品管精度的要求。

關鍵詞：自動量測、機器視覺、次像素



The Development of the Automatic Measurement for QFN

Yi-Hsien Lin and Sin-San Huang

Department of Electronics Engineering

Cheng-Shiu University

Kaohsiung, Taiwan 833, R.O.C.

ABSTRACT

The purpose of the research is to develop a full measurement system of QFN (Quad Flat No leads) IC components by combining CCD and the machine vision technology. The inspection items include the scales and offsets in length and width of QFN, and the pitch of pin. It is hope to help the industry to improve the problem in the quality control of QFN inspection. In order to improve the precision of measurement and meet the demands of industry, the subpixel technology is used in the research. Experiments demonstrate that the research of the automatic measurement system for QFN measurement will reach the target of the high precision and stability.

Keywords: Automatic Measurement, Machine Vision, Subpixel



一、前言

I、研究動機與目的

在現今競爭如此激烈的工商時代裏，為提高產品品質與市場佔有率，產業界必須要走向工廠自動化 (Factory Automation, FA)，進一步隨著潮流的改變，再往工廠彈性製造系統 (Flexible Manufacturing System, FMS) 及電腦整合製造 (Computer-Integrated Manufacturing, CIM) 的腳步邁進。因此，在現有的整個生產過程中，產品的品質控制 (Quality Control, QC) 即係通常耗費最多人力資源的地方。且由於人眼的不可靠性，使得產品檢驗結果的穩定性變得一致。所以，應用影像處理技術的機器視覺，就因此而被開發出來，成為解決現今提升產品品質與生產力的優良器具。

近年來，機器視覺已在各式各樣的領域中扮演著舉足輕重的地位，並大量的運用在遙測、醫工、地質探測、物件識別檢測以及家電用品等場合。利用機器視覺最大的優點，就是能代替人眼進行繁瑣、高重複性，且需長時間全年無休進行的工作；可利用光學儀器所擷取到的數位影像，進行影像處理的程序後，再透過程式運算判讀該影像所呈現的狀態，是否符合我們的預期，搭配當今已高度發展的自動化技術，即可實現工作所需的自動化。這些應用技術的實例正快速的成長，也由於電子硬體，電腦效率的大幅進步，而以驚人的變革速度在更新它們的面貌，而在促進產業升級的呼聲中，大力推展自動化機器視覺，乃當務首要之急。

IC 積體電路的發展由傳統的 DIP (Dual In-Line Package)、SOP (Small Out-Line Package)、TSOP (Thin Small Outline Package) 到多腳數的 BGA (Ball Grid Array) 及 QFN (Quad Flat No-Lead) 封裝，顯示目前 IC 朝向高腳數及輕薄短小化設計。QFN 實體外觀如圖 1 所示，目前已經超越傳統的引線封裝，用來取代成本較高的晶圓級晶片尺寸封裝。目前晶片尺寸封裝雖將封裝外形縮減成晶片大小，卻須使用間距很近的錫球陣列做為元件接腳，使得產品製造難度提高。而 QFN 封裝不但體積小、成本低、生產良率高，還能夠為高速和電源管理電路提供更佳的共面性以及散熱能力等優點。此外，QFN 封裝不必從兩側引出接腳，因此電氣效能 (Electrical Performance) 勝於引線封裝必須從側面引出多隻接腳的 SO (Small Outline) 等傳統封裝。此產品目前成為 IC 封裝廠極力開發產品，國內規模較大的封裝廠如日月光、華泰、矽品等大廠現都在生產，均已進入量產階段，屆時在外觀尺寸量測之品管工作單靠人力是無法解決的，因為操作員是藉由光學投影機等精密量具來取得 QFN 產品的外觀尺寸，這樣的做法具有兩種缺失：(1) 量測作業相當的耗時。因為使用光學投影機時，必須經歷一連串反覆與冗長的操作程序才能獲得產品相關的尺寸數據(平均一個樣品的處理時間約 60 秒)。(2) 量測數據的準確度具爭議性。雖然光學投影機是一種相當精密的量測儀器，但在加上人為因素後，重現性(repeatability)的差異可能高達約 0.05 mm 之譜。

本研究主要目的是希望協助產業界，以現有 CCD 攝影機為基礎結合目前的軟體技術及機械視覺原理來發展一套可以作 QFN IC 的外觀尺寸量測的自動量測系統。



II、文獻探討

機器視覺檢測在工業產品生產的過程中已成為必要的應用及技術，目前已廣泛用於尺寸量測、圖形辨識、瑕疵檢測及系統引導等方面，以目前電腦皆可達到即時(Real Time)的檢測功能，故在高速判定物體、量測尺寸、分級、圖形辨識、引導等皆可用視覺系統來取代人工，以達到低成本高效率的目的。現就機器視覺相關應用的文獻敘述如下：

Kassim 等人[1]利用機器視覺進行 IC 定位自動檢驗之工作，首先必須決定 IC 主要外型特徵的位置加以定位，之後用直方統計圖決定不同的門檻值進行二值化，將 IC 影像中的特徵與邊界分割出來，經過 Sobel 運算後使 IC 的邊緣突顯出來。比對 IC 特徵在影像中的所在位置，及 IC 最長邊界與水平軸之夾角，經過轉換後就可決定 IC 旋轉之角度。張良舜[2]利用 Sobel 與邊界鏈碼的邊緣偵測技術針對微小齒輪與 LQFP (Low-Profile Quad Flat Pack) IC 導線架進行邊緣輪廓的搜尋，進而量測元件的尺寸。丁志文[3]提出 SMD 量測法則，以修正的梯度灰階值統計來進行影像分割，在進行 SMD 元件的旋轉角度及質心位置之量測。陳建男[4]利用影像處理技術，建立輪廓軌跡路徑，以驅動機器手臂沿著輪廓運行，進行品質檢測或加工。使用 CCD 攝影機擷取工件輪廓影像，經由細線化、邊界鏈碼與輪廓軌跡轉折點搜尋等影像運算處理，建立輪廓軌跡路徑並驅動機器手臂沿軌跡運行。

朱俊霖利用影像處理技術在晶圓缺陷及硬幣影像對位之應用[5]，作者提出一套以樣板比對為基礎之晶圓缺陷影像辨識方法，辨識流程主要為前置處理、特徵擷取、特徵比對三大步驟。前置處理包含去雜訊、對比調整，特徵擷取則由原始晶圓影像中，分割出許多單一晶片的影像，並擷取其輪廓及角落特徵，特徵比對階段會從樣板庫中，取出正常之晶片樣板以及晶片的缺陷樣式，再比對晶片影像中的特徵值，以判別晶片是否具有缺陷，並辨認其缺陷種類。D. B. Peng and Y. C. Chen[6]針對微型銑刀魚尾端面部份進行瑕疵檢測，利用所開發的自動光學檢測系統，取得銑刀魚尾端面影像，應用影像處理方法擷取所取得之銑刀魚尾端面影像各刀刃之特徵值，接著系統透過由良好魚尾端面影像訓練所得的品質管制圖，進行魚尾端面崩刃瑕疵的檢測。

在封裝 IC 外觀瑕疵檢測之研究[7]中，利用機器視覺來對封裝積體電路 IC 之外接引腳以及外觀分析，以判斷該封裝 IC 之外觀形狀是否符合規範。林等人[8]利用機器視覺開發 BGA IC 精密量測系統，檢測項目包含 IC 元件外觀二維的尺寸、IC 腳錫球偏位、錫球大小及錫球品質等。余等人[9]利用機器視覺為引腳切成型與經過蓋印的 DIP IC 元件，針對在其上油墨印刷圖案進行檢測工作。梁有燈[10]應用機器視覺技術，利用影像分割與型態學處理程序，計算出錫球數量，並用次像素邊緣偵測法則尋找錫球邊界點，再求出錫球的最佳逼近橢圓，藉此可以判斷錫球尺寸是否標準。檢測一顆 40x40mm、492 顆錫球之 BGA 樣品，檢測時間約需 2.5 秒。黃文成[11]導入機械視覺的觀念檢測切割後 BGA IC 的尺寸、植球大小、位置、品質及外圍植球到封裝邊緣的距離。檢測 7x7mm、48 顆錫球腳之 BGA IC，檢測時間在 0.5 秒以內，精確度可達 26 μ m 以內，重現性在 12.7 μ m 以內。許淳熙[12]利用電腦視覺來檢測 BGA 的品質，



檢測前必須先做硬體設備校正的工作，最後以三套檢測系統來作 BGA 缺陷檢測比較。2007 年，李柏松[13]用影像量測系統檢測被動元件的外觀應用，就光源、攝影機、電腦、演算法等作一討論，針對當面臨一個具有大量檢測數量級檢測項目產品時，如何在硬體的選擇與軟體的控制上達到高速檢測的目的，並且在現有的設計中找出是否具有更高效益的方法可以再增進實驗的檢測效率，此實驗講以單支攝影機及光源還有一台工業電腦這個架構及演算法的說明來解釋如何處理大量的被動元件外觀檢測，並且提出改善的方法及未來的設計方向來增進品管的效率。

使用影像處理技術進行量測與檢測，常因打光系統不佳導致物體有陰影產生，或者為邊緣模糊之影像，Tizhhoosh[14]建立一模糊理論找尋最佳二值化之門檻值。因不同的光線強度或模糊的影像，對門檻值取決相當困難，不適合之門檻值會導致物體之邊界變大或變小，利用此方法可找到最適合之門檻值，盡量減少邊緣之誤差以方便後續流程之檢測。Ren 等人[15]建立一種輪廓追蹤法則，在二值影像中，先設定一輪廓的起始點，然後搭配八方位鏈碼按照逆時鐘方向搜尋下一個邊界點，同時標註方位編號，當回至原起始點時，停止搜尋動作，此方法可以節省輪廓追蹤的時間，且同一點不會重複搜尋，以鏈碼條儲存影像可節省大量的儲存空間。黃國益[16]利用 CCD 攝影機擷取蝴蝶蘭大苗之影像，利用邊界鏈碼與輪廓追蹤法進行葉片影像重建，再利用相關之影像處理技術，將病害區域萃取出來，並使用分類法區分蝴蝶蘭所罹患的病害種類。Kim 等人[17]提出利用 LSE (Least Squares Error) 的方式進行動態測量，此方法可以正確量測出物體的邊緣，一球型工件放置於旋轉且可上下移動的平台上時，當平台移動時，利用 CCD 攝影機擷取球型工件動態的影像之後，再利用 LSE 的方法找尋最佳曲線，即為此工件之最佳邊緣。

由上述論文可看出機械視覺利用 CCD 擷取影像，透過影像處理的方式來辨識物體，求得或搜尋所需的物體的資訊，透過電腦與周邊設備的連結來達到檢測的目的，所以本研究將機械視覺導入 QFN IC 的量測上，透過程式撰寫及周邊機構的配合，開發一套 QFN IC 的自動量測檢測機。

本研究除簡介外，第二部分將描述本系統之硬體架構，第三部分會說明所使用的影像技術原理，實驗結果與討論則在第四部分加以敘述，最後結論在第五部分說明。

二、系統硬體架構說明

本研究利用機器視覺技術開發一套可以自動量測 QFN IC 外觀尺寸的系統，量測項目包括：外觀長度、寬度、腳間寬度及計算其偏差位移值(Offset)等項目(圖 2 所示)。本研究開發 QFN IC 量測機台硬體架構(圖 3 所示)，包括：

- 1、取像單元：由鏡頭、影像擷取卡、CCD 所構成。
- 2、一部主電腦：負責影像處理運算。



- 3、光源與打光系統：視覺系統光源與打光機構的設計，就是要讓「有用的清楚，沒有用的部份視而不見。」[18、19]，是決定視覺系統是否能成功之相當重要的前處理步驟。一個好的前處理，遠勝過於使用煩瑣影像處理法則，以致花費昂貴的硬體設備以及冗長的處理時間。本研究打光原理為均勻投射光如圖 4 所示。光源設計是將採低角度之高亮度 LED 環形光源如圖 5 所示。此種打光技術能夠獲得較清晰的表面特徵、可取得較真實 QFN 錫腳大小及較高品質的影像。另外在鏡頭附加紅色濾鏡過濾紅光以外的光線使檢測光源穩定，可強化物件與背景之對比，以便增加視覺量測之穩定性。
- 4、光源控制器：主要是利用電腦透過介面控制光源開與關。在取像前打開光源，取完像關閉光源，如此可以延長光源壽命。
- 5、置物平台：為了增加量測時的穩定度及精確度，故將 QFN IC 固定在置具上，不同尺寸的 IC 有不同的置具。

三、影像量測原理

本研究的量測原理主要是利用影像處理技術先偵測出 QFN 的邊緣像素數點，為了提高量測精度，再使用次像素(subpixel)技術計算出邊緣次像素位置，然後計算出 QFN IC 外觀長度、寬度、腳間寬度，以完成量測功能。使用的演算法說明如下：

1、模式搜尋(Pattern Search)

本研究搜尋邊緣是利用模式搜尋[8]的方法，首先在待測物件左邊邊緣建立一個 pattern image，其大小為 5 x 3，單位是像素(pixel)，如圖 6 所示，建立好之後再利用 pattern image 向右開始尋找邊緣，當以 pattern image 的中心為界，比對找到左右兩邊相符合的像素值，則在中心點的位置紀錄 X,Y 座標，繼續重新向下搜尋邊緣，找到結束為止。其待測物上下左右也照同樣方式去建立一個 pattern image，並且分別去搜尋邊緣，紀錄所搜尋到的邊緣座標。本研究採用式(1)運算，求待測物件相似程度。

$$r = \frac{N \sum IM - \sum I \sum M}{\sqrt{[N \sum I^2 - (\sum I)^2] [N \sum M^2 - (\sum M)^2]}} \quad (1)$$

其中

M：表記憶中物件模式的特徵影像

I：表待測物件影像

N：表示 pattern image 像素總個數



2、次像素方法

為了增加量測時的精確度，在邊緣點偵測上採次像素[8]技術。簡易次像素的原理為當一邊緣灰度值發生改變如由 0 變為 255 或 255 變為 0 時，灰度值在邊緣二次微分為零的點可認定為邊緣所在的位置如圖 7 所示。由此觀念可設邊緣點附近位置的灰階值為三階多項式：

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \quad (2)$$

其中 $a_0 \sim a_3$ 代表方程式的係數，邊緣點所在位置 x 可以讓 $f''(x) = 0$ 成立所以

$$x = -\frac{a_2}{3a_3} \quad (3)$$

故只要在邊緣點上一個像素為中心，左右各取兩個像素，共得五個像素即可求得 $a_0 \sim a_3$ ，再代入方程式(3)即可求得邊緣點次像素位置。

3、直線迴歸(Line fitting)

利用最小平方誤差的原理，假設從實驗數據中獲得 n 組數據座標 (x_i, y_i) ，其中 $x_i(y_i)$ 為應變數， $y_i(x_i)$ 為自變數。只有 $y_i(x_i)$ 有隨機的誤差，而 $x_i(y_i)$ 則沒有。若將這 n 組數據標於 X-Y 座標圖上，發現此 n 個座標點有排列成直線的趨勢時，可以假設有一條理想之直線最適合這 n 組數據座標，其方程式可寫成

$$y = a + bx \quad (4)$$

或

$$x = a + by \quad (5)$$

其中

$y = a + bx$ 為垂直方向直線

$x = a + by$ 為水平方向直線

$x = X$ 座標

$y = Y$ 座標

$a =$ 常數

$b =$ 迴歸係數

垂直方向：

$$b = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sum(X - \bar{X})^2} = \frac{\sum XY - \bar{X} \times \bar{Y} \times n}{\sum X^2 - \bar{X}^2 \times n} \quad (6)$$



水平方向：

$$b = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sum(Y - \bar{Y})^2} = \frac{\sum XY - \bar{X} \times \bar{Y} \times n}{\sum Y^2 - \bar{Y}^2 \times n} \quad (7)$$

其中

\bar{X} = 所有 X 座標相加之總合平均值

\bar{Y} = 所有 Y 座標相加之總合平均值

n = 座標個數

以垂直方向的直線迴歸為例，在求此式(6)時，可先求 b 迴歸係數，再將已知數 \bar{X} 、 \bar{Y} 、b 帶入式(4)可求得 a，便可獲得直線迴歸公式。

求出直線迴歸[8]方程式後即可找到如圖 8 所示的四條直線，再利用兩線直線距離長度 = B-A、寬度 = D-C，求出其待測物的長度及寬度。

4、量測流程：

本研究量測流程部份，分為尺寸校正和視覺量測兩個流程，分敘如下：

(1). 尺寸校正

在影像處理所使用的單位是像素，而其中真正感興趣的計量單位卻是 mm 或 cm。「尺寸校正」這個步驟目的是在建立像素與實際尺寸大小比例對應關係。本系統利用校正塊及簡單的方式可找出每個像素代表多少 mm，其演算流程程序如圖 9，說明如下：

- A、校正塊：本研究使用 QFN 8x8mm 當作校正塊，輸入已知標準長度寬度 8x8mm 並儲存之，將此校正塊置於置物平台上。
- B、二值化：使用 Ostu method[20]將影像二值化。
- C、找出最大目標物影像：目的是為了正確找到目標物來提高後續邊緣點搜尋速度。
- D、模式搜尋找出邊緣點：利用模式搜尋尋找出校正塊邊緣點。
- E、直線迴歸：將找出的邊緣點代入式(4)到(7)求出直線方程式。
- F、計算寬度長度：利用直線方程式求出 QFN 校正塊的長度以及寬度。
- G、算出 mm/pixel 之值並儲存：利用前一個步驟即可求出 mm/pixel 的單位值，以利量測時的單位換算使用。

(2). 視覺量測

利用尺寸校正後求出 mm/pixel 的換算單位值進行量測，將邊緣座標代入式(4)到(7)，經單位換算後即可得到實際的尺寸。量測流程圖如圖 10，分述如下：其說明如下：

- A、影像處理區搜尋：為了提高搜尋速度，本研究將 QFN 固定置物平臺上，使 QFN 取像位置能一致，故搜尋範圍就可限制在尺寸校正時的影像處理區範圍內。



- B、二值化：使用 *Ostu method* 將影像二值化。
- C、找出最大 *blob*：目的是為了正確找到目標物來提高後續邊緣點搜尋速度。
- D、模式搜尋邊緣點及直線迴歸：計算待測物邊緣及直線方程式。
- F、計算 QFN 長度與寬度與各邊腳間寬：利用尺寸校正時算出的 *mm/pixel* 單位計算 QFN 實際長度與寬度與實際各邊腳間寬，進一步算出與標準值之差異量，再與預設之誤差臨界值作比較，若大於此臨界值就判為瑕疵。

四、實驗結果與討論

為了驗證本研究所開發的 QFN 量測系統的準確度與穩定性，請封裝廠線上工程師利用光學量測儀器實際測量一個 QFN 8x8mm 樣本長度、寬度、各邊腳間寬的實際尺寸，一方面使用此 QFN 樣本的長度與寬度做為尺寸校正流程的校正塊，計算出 *mm/pixel* 單位換算值，另一方面本量測系統對此 QFN 實際做十次靜態量測實驗，量測值統計結果如表一所示。

由表一統計數據結果中得知所量測 QFN 長度最大誤差值為 0.023、寬度為 0.02mm、左腳間寬 A 為 0.030mm、右腳間寬 B 為 0.066mm、上腳間寬 C 為 0.023mm、下腳間寬 D 為 0.006mm。另外，從中可以發現檢測項目誤差值皆在 0.07mm 以內，而最大誤差範圍 0.066mm 出現在右腳間寬 B 之項目，其原因是經由 CCD 取像時，受到外界光線的影響而造成邊緣附近留有些許多餘的影像殘影(黑影)，對其搜尋邊緣所造成誤判情形，進而影響右腳間寬 B 量測之精度。

表一 QFN 8x8mm 樣本量測表

項目 量測項目(mm)	實際值	最大值	最小值	平均值	量測誤差 最大值	量測誤差 最小值
長度 E	8.070	8.093	8.062	8.072	0.023	0.008
寬度 F	8.022	8.042	8.021	8.027	0.020	0.001
左腳間寬 A	0.483	0.462	0.453	0.457	0.030	0.021
右腳間寬 B	0.496	0.473	0.430	0.461	0.066	0.023
A-B Offset	0.013	0.023	0.010	0.018	0.010	0.003
上腳間寬 C	0.464	0.451	0.441	0.444	0.023	0.013
下腳間寬 D	0.421	0.427	0.421	0.424	0.006	0
C-D Offset	0.043	0.028	0.020	0.023	0.023	0.015



五、結論

QFN 封裝技術以應用在消費性 IC 為最大宗且廣泛地應用在各種電信產品，如行動電話、無線區域網路、數位相機等。QFN IC 生產最後必須對外觀尺寸做量測，在大量生產時，使用人力對每一顆 QFN IC 做量測是不可能完成的事。本研究利用機器視覺的技術開發完成 QFN 自動量測系統，在影像處理方面採用次像素方法，經過實際量測結果，不僅驗證本系統之高精度，量測值的穩定性也相當高。所以本系統可以適用在封裝廠的 QFN 自動量測上，有效解決人工量測之缺點。

誌謝

- 感謝正修科技大學的研究經費補助（計畫編號：CS-2-103-10）

參考文獻

1. A. A. Kassim , H . Zhou , S . Ranganath , " Automatic IC orientation checks , " Machine Vision and Applications, Vol. 12, pp.107-112, 2000.
2. 張良舜，應用機器視覺於線切割放電加工元件量測之研究，華梵大學機電工程學系碩士論文，2006。
3. 丁志文，影像處理於 SMD 元件定位之應用，台灣科技大學電機工程系碩士論文，2002。
4. 陳建男，以機械視覺建立工件輪廓軌跡之研究，南台科技大學機械工程研究所士論文，2006。
5. 朱俊霖，利用影像處理技術在晶圓缺陷及硬幣影像對位之應用，國立雲林科技大學資訊管理系碩士論文，2007。
6. D. B. Peng and Y. C. Chen, "An Advanced Auto-Inspection System for Micro-router Collapse," Machine Vision and Applications, Vol. 21, pp.811-824, 2010.
7. 歐陽衡、王明習，機器視覺用在封裝 IC 外觀瑕疵檢測之研究，國立成功大學工程科學系碩士論文，2007。
8. 林宜賢、林宜弘、黃文成，應用機器視覺於 BGA IC 精密量測系統，2003 精密機械與製造技術研討會，pp. 232-240，2003。
9. 余淮琳、林士傑，IC 影像定位與印字瑕疵檢測之研究，國立清華大學動力機械工程學系碩士論文，2006。
10. 梁有燈，機器視覺在 BGA 錳球尺寸量測上之應用，中華大學機械與航太工程研究所碩士論文，1999。



11. 黃文成，BGA IC 2 維外觀尺寸精密檢測系統之開發，屏東科技大學機械工程研究所碩士論文，2000。
12. 許淳熙，BGA 線上檢測系統之開發，交通大學機械研究所碩士論文，2000。
13. 李柏松，影像量測系統在被动元件檢測上的應用，義守大學碩士論文，2007 年。
14. H. R. Tizhoosh, "Image Thresholding Using Type II Fuzzy Sets," Elsevier, Pattern Recognition vol. 38 , pp. 2363-2372, 2005.
15. M. Ren, J. Yang, H. Sun, "Tracing boundary contours in a binary image," Elsevier, Image and Vision Computing vol. 20, pp. 125-131, 2002.
16. 黃國益，應用機器視覺於蝴蝶蘭大苗幾何特徵與病害檢測之研究，中興大學農業機械工程學系博士論文，2002。
17. T. H. Kim, Y. S. Moon, C. S. Han, "An Efficient Method of Estimating Edge Locations With Subpixel Accuracy In Noisy Images," Hanyang University, Ansan, Kyonggi Do, pp. 425-791, 1995.
18. 孫慶成，光電概論，全華科技，民國 87 年。
19. 林宜弘，機器視覺應用技術，1998。
20. P. S. Liao, T. S. Chen, P. C. Chung, "A Fast Algorithm for Multilevel Thresholding," Journal of Information Science and Engineering, Vol. 17 (5), pp. 713-727, 2001.



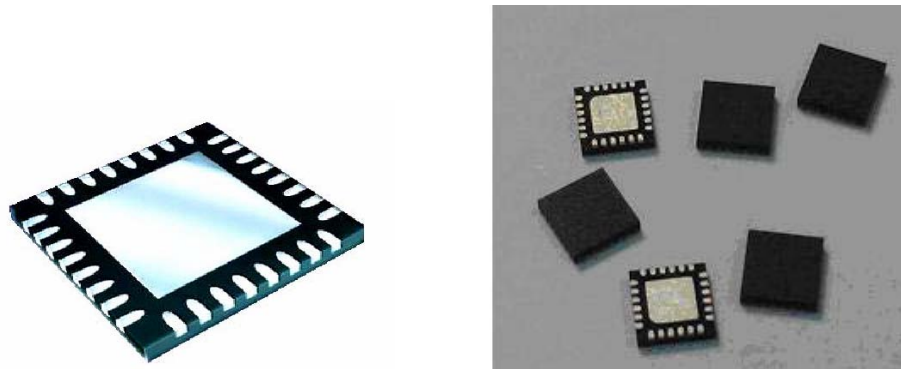


圖 1、QFN IC 實體外觀圖

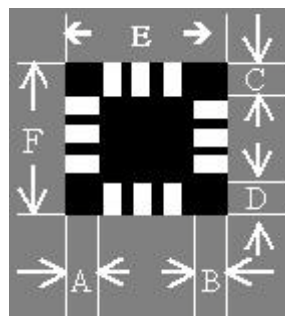


圖 2、QFN IC 外觀尺寸量測示意圖

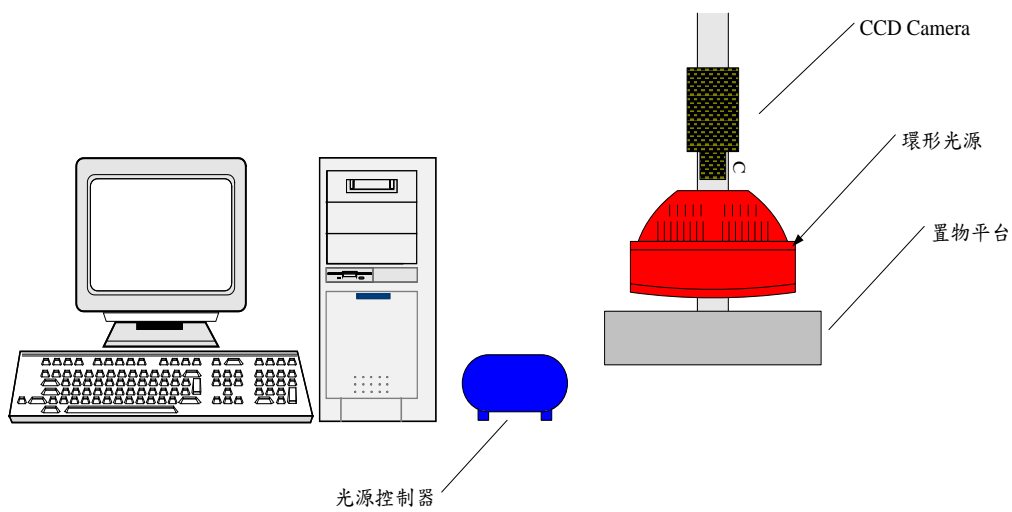


圖 3、QFN IC 量測機台示意圖



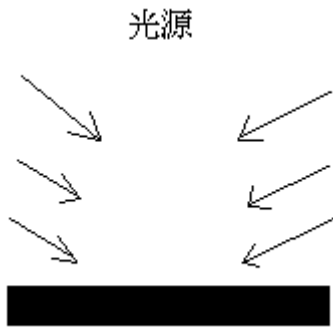


圖 4、打光原理

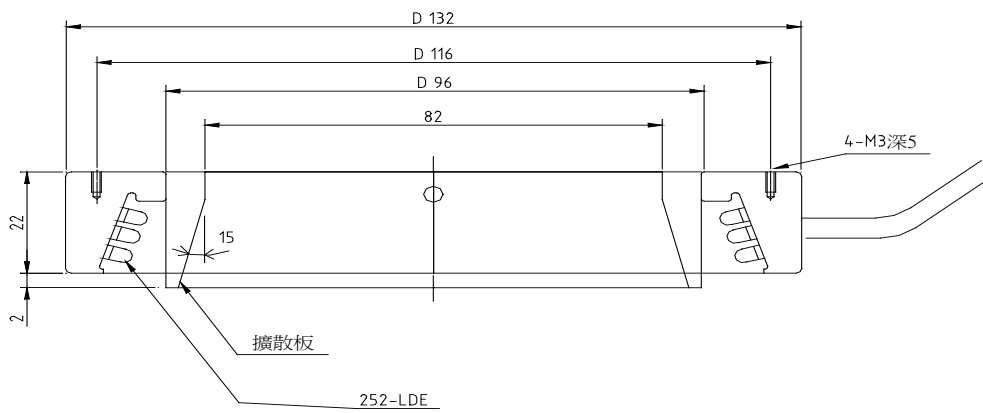


圖 5、光源結構圖

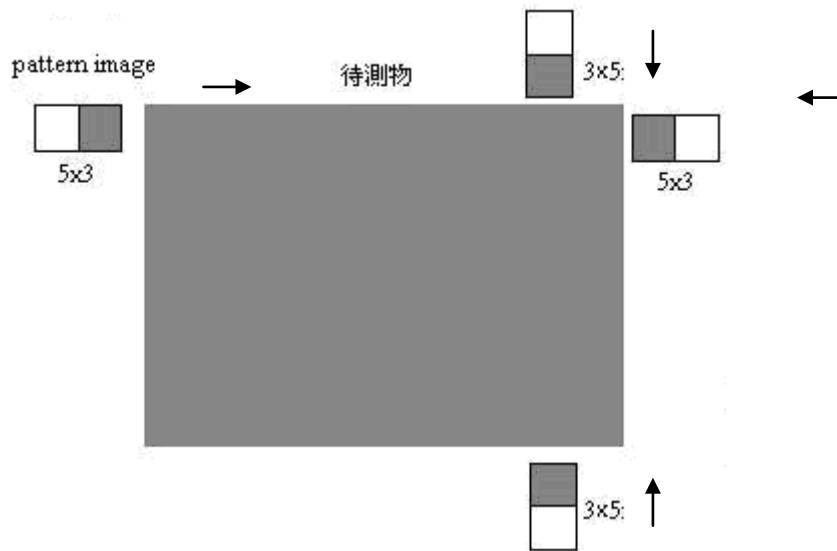


圖 6、Pattern image 及待測物示意圖



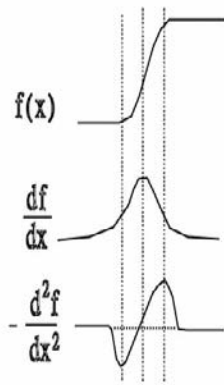


圖 7、邊緣一次及二次微分

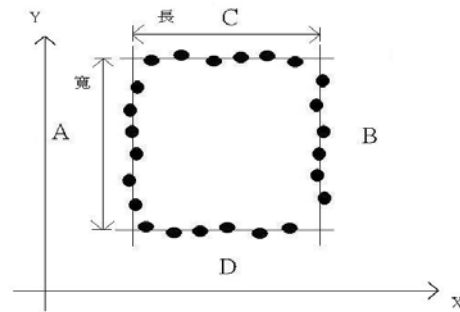


圖 8、直線迴歸後找出 ABCD 四條直線

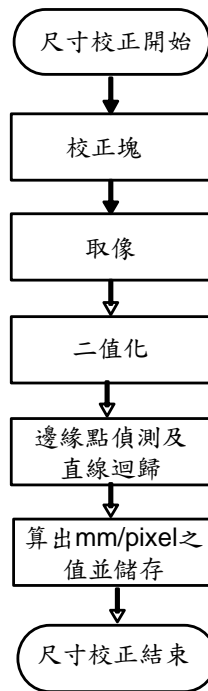


圖 9、尺寸校正流程圖



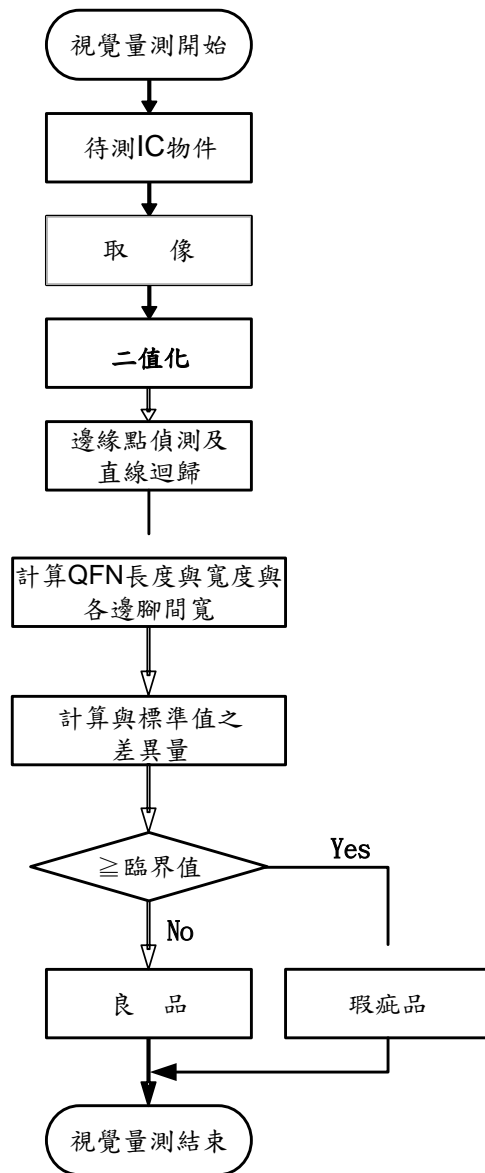


圖 10、視覺量測流程圖

